



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:
Dietmar Ellmer

Serial No.: 10/769,179

Filing Date: January 30, 2004

Title: **Method for Monitoring the Light-Off
Performance of an Exhaust Gas
Catalytic Converter System**

§
§
§
§
§
§
§
§
§

Group Art Unit: 3661

Examiner:

Attny. Docket No. 071308.0503

Client Ref.: 2002P17890US

Mail Stop Missing Parts
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

CERTIFICATE OF MAILING VIA EXPRESS MAIL

PURSUANT TO 37 C.F.R. § 1.10, I HEREBY CERTIFY THAT I HAVE INFORMATION AND A REASONABLE BASIS FOR BELIEF THAT THIS CORRESPONDENCE WILL BE DEPOSITED WITH THE U.S. POSTAL SERVICE AS EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE, ON THE DATE BELOW, AND IS ADDRESSED TO:

MAIL STOP MISSING PARTS
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

EXPRESS MAIL LABEL: EV448724300US
DATE OF MAILING: JUNE 21, 2004

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Dear Sir:

We enclose herewith a certified copy of German patent application 103 03 911.2 which is the priority document for the above-referenced patent application.

Respectfully submitted,
BAKER BOTTS L.L.P. (022640)

Date: June 21, 2004

By:
Andreas H. Grubert
(Limited recognition 37 C.F.R. §10.9)
One Shell Plaza
910 Louisiana Street
Houston, Texas 77002-4995
Telephone: 713.229.1964
Facsimile: 713.229.7764
AGENT FOR APPLICANTS

THIS PAGE BLANK (USPTO)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 03 911.2

Anmeldetag: 31. Januar 2003

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
80333 München/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Überwachung des Ansprungsverhaltens
eines Abgaskatalysatorsystems

IPC: F 01 N 11/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Dzierzon

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Beschreibung

Verfahren zur Überwachung des Anspringverhaltens eines Abgaskatalysatorsystems

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung des Anspringverhaltens eines Abgaskatalysatorsystems im Abgaskanal einer Brennkraftmaschine, wobei dem Abgaskatalysatorsystem ein Abgas, entstanden durch die Verbrennung eines
10 Luft/Kraftstoff-Gemisches, zugeführt wird und bei dem das Anspringverhalten anhand des Konvertierungsvermögens in einem die Warmlaufemissionen maßgeblich beeinflussenden Anspringbereich des Abgaskatalysatorsystems beurteilt wird.

15 Ein derartiges Verfahren ist bereits aus der DE 43 30 997 A1 bekannt.

Moderne Kraftfahrzeugmotoren verwenden üblicherweise einen katalytischen Konverter zum Herabsetzen der von ihnen erzeugten Abgasemissionen. Solche Konverter wirken zum chemischen
20 Verändern des von den Motoren erzeugten Gasgemisches und tragen damit zum Erfüllen der verschiedenen, die Abgasemissionen regelnden Umweltbestimmungen bei. Die Verschärfung der gesetzlichen Bestimmungen betrifft in letzter Zeit nicht nur
25 die Abgasemissionen selbst, sondern zunehmend auch die Anforderungen an die Überwachung des Betriebsverhaltens bzw. der Funktionsfähigkeit des Abgaskatalysatorsystems, im Folgenden vereinfacht als Katalysatorsystem bezeichnet, im Rahmen einer Eigendiagnose während des normalen Fahrbetriebes, einer so
30 genannten On-Board-Diagnose (OBD).

Bei ordnungsgemäßem Betrieb können moderne Dreiwegekatalysatoren in Verbindung mit einer Lambda-Regelungseinrichtung die Konzentration der drei hauptsächlichen unerwünschten Abgase,
35 Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxide und verschiedene Stickoxide, um etwa 90% herabsetzen. Die maximale Umsetzung aller drei Abgasbestandteile setzt voraus, dass der Motor mit einem

Luft-Kraftstoff-Verhältnis von $\lambda = 1$ betrieben wird. Um die erforderliche präzise Gemischregelung zu erreichen, ist es bekannt, der anhand von Betriebsdaten erfolgenden Steuerung der Einspritzventile zusätzlich die so genannte Lambda-
5 regelung zu überlagern. Mit einer im Abgassystem angeordneten Lambdasonde wird dabei festgestellt, ob das Gemisch zu fett oder zu mager eingestellt ist. Abhängig vom SONDENSIGNAL wird im Steuergerät ein Korrekturfaktor für die Einspritzzeitdauer berechnet, so dass sich im Mittel ein $\lambda_{\text{Wert}} = 1$ ein-
10 stellt. Zur weiteren Verbesserung des Lambda-Regelverhaltens sind inzwischen im Zusammenhang mit Stufenkatalysatoren hochentwickelte 3-Lambda-Sonden-Konzepte bekannt, bei denen eine lineare Vorkatlamdasonde, eine erste binäre Lambdasonde (Sprungsonde) stromabwärts des Vorkatalysators und eine zwei-
15 te Sprungsonde stromabwärts des Stufenkatalysators vorgesehen sind, vgl. B. Pfalzgraf et al., "Das Audi-SULEV-Turbokonzept" in: Tagungsband "Emission-Control", Dresden, 9./10. Juni 2002, S. 53 bis 79.

20 Auch bei optimaler Lambda-Regelungsstrategie können genügend hohe Konversionsraten nur mit Katalysatorsystemen erreicht werden, die in allen Betriebsbereichen ein ausreichendes Kon-
vertierungsvermögen aufweisen. Zum Bestimmen der Funktionsfä-
25 higkeit eines betriebswarmen Katalysatorsystems ist die Mög- lichkeit bekannt, eine Beurteilung auf der Grundlage von Mes- sungen der Sauerstoffspeicherfähigkeit im Katalysator vorzu-
nehmen, wobei allgemein von einer Korrelation der Sauerstoff-
speicherfähigkeit mit der Funktionsfähigkeit des Katalysa-
tors, also dem Katalysatorwirkungsgrad, ausgegangen wird.
30 Diese Annahme wird auch im Folgenden zu Grunde gelegt. Ein gealterter Katalysator hat demnach ein deutlich schlechteres Sauerstoffspeicherverhalten. Bei derartigen bekannten Verfah-
ren wird typischerweise zusätzlich zu der stromaufwärts des
Katalysators vorhandenen Sonde eine zweite stromabwärts des
35 Katalysators eingebaut und die Signalamplituden der Sonde stromabwärts des Katalysators werden mit den Signalamplituden stromaufwärts des Katalysators verglichen.

Die heutigen Abgas-Grenzwerte nehmen die höchstmögliche Konversionsrate über ausgedehnte Betriebsbereiche als gegeben an und legen dementsprechend sehr niedrige Gesamt-Grenzwerte fest. Der Katalysator erreicht seinen Arbeitsbereich, also einen guten Wirkungsgrad, jedoch erst, wenn seine Temperatur oberhalb der so genannten Anspringtemperatur (ca. 350°C) liegt, weshalb das Emissionsverhalten beim Kaltstart bzw. Warmlauf zunehmend eine Schlüsselrolle spielt.

Um die Gesamt-Grenzwerte überhaupt einhalten zu können, ist deshalb ein möglichst schnelles Erreichen der Anspringtemperatur unbedingt erforderlich. Es sind verschiedene Warmlaufstrategien bzw. Katalysatorheizmaßnahmen bekannt, die das Anspringen (Light-Off) beschleunigen sollen, so beispielsweise durch motornahen Einbau des Katalysators und/oder durch eine Erhöhung der Abgasenergie mittels Sekundärlufteinblasung. Die in diesem Zusammenhang maßgeblichen Größen sind demnach die mit dem Abgas in den Abgastrakt eingebrachte Wärmemenge und die im Verlauf des Abgaskanals aufzuheizenden thermischen Massen. Da der Katalysator über die Fahrzeugslebensdauer lokal seine Wirksamkeit verliert, wird in der Regel eine Heizstrategie verwendet, die unabhängig vom Alterungszustand des Katalysators ist und ein möglichst rasches Aufheizen ermöglicht.

Gemäß den Vorschriften der erweiterten On-Board-Diagnose (OBD 2) muss zukünftig der Ausfall bzw. das Nachlassen der Effizienz jeder emissionsrelevanten Komponente detektiert werden. Da das Anspringverhalten eines Katalysators aus den genannten Gründen im höchsten Grad emissionsrelevant für das Gesamtemissionsverhalten eines Zertifizierungsfahrzyklusses ist, muss gemäß den OBD-Anforderungen eine Verschlechterung des Anspringverhaltens überwacht und, bei Überschreitung der Grenzwerte, durch die OBD-Lampe angezeigt werden.

Das aus der oben genannten DE 43 30 997 A1 bekannte gattungsgemäße Verfahren geht davon aus, dass es, um einen Warmlauf mit niedrigen Emissionen zu erreichen, in der Regel genügt, den Bereich des Katalysatorsystems, der von den Abgasen als
5 erstes durchströmt wird und somit für die Warmlaufemissionen maßgeblich ist – den Anspringbereich, – zum Konvertieren zu bringen. Das Anspringverhalten des Katalysatorsystems wird also anhand des Konvertierungsvermögens des Anspringbereichs beurteilt, wobei dieser bei einem Stufenkatalysator durch den
10 Vorkatalysator, ansonsten durch den vorderen Bereich des Katalysators gebildet ist. Im Einzelnen wird vorgeschlagen, die Temperatur des Anspringbereichs im betriebswarmen Zustand, vorzugsweise durch einen Temperatursensor, zu erfassen und es wird anhand der Auswirkungen, die die Zufuhr des Luft--

15 Kraftstoff-Gemisches auf diese Temperatur hat, das Anspringverhalten des Katalysators beurteilt. Da die Konvertierung ein exothermer Prozess ist, korreliert eine geringe Temperaturerhöhung mit einem geringen Konvertierungsvermögen im Anspringbereich.

20 Da beim bekannten Verfahren die Funktionsfähigkeit des Anspringbereichs im Ganzen beurteilt wird, beinhaltet dieser Ansatz, ähnlich wie andere bekannte Verfahren, die eine Light-Off-Diagnose aus der Kat-Wirkungsgraddiagnose ableiten,
25 die bei heißem Katalysator durchgeführt wird (Sauerstoffspeichervergleich mit Grenzkatalysator), ein nicht unwesentliches Risiko, da diese Ansätze keine Aussage über den Katalysatorwirkungsgrad in der Abhängigkeit des Ortes beinhalten.

30 Aus der DE 197 53 842 A1 ist es im Übrigen bei einem Verfahren zum Betreiben eines Abgaskatalysators bekannt, zur beschleunigten Aufheizung mindestens eine Aufheizmaßnahme einzuleiten und bei Erreichen der Anspringtemperatur wieder zu deaktivieren. Als Kriterium für das Erreichen der Anspring-
35 temperatur wird die über das Abgas dem Katalysator zugeführte thermische Energie herangezogen und die Aufheizmaßnahme deaktiviert.

tiviert, wenn die zugeführte Energiemenge einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, das Anspringverhalten eines Katalysatorsystems in einem Kraftfahrzeug zu überwachen.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt mit einem Verfahren gemäß Anspruch 1. Weiterbildungen und bevorzugte Maßnahmen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Das erfindungsgemäße Verfahren der eingangs genannten Art löst die Aufgabe dadurch, dass ein dem Anspringbereich im Warmlauf bis zu einem Zeitpunkt mit dem Abgas zugeführter Wärmemengeneintrag als Kriterium für das sukzessive Einsetzen der Konvertierung (Anspringen) in stromab hintereinander liegenden Teilvolumina des Anspringbereichs herangezogen wird und dass die Funktionsfähigkeit mindestens eines der stromab nacheinander ausreichend aufgeheizten Teilvolumina zum jeweiligen Zeitpunkt des Anspringens einzeln überprüft und beurteilt wird.

Die erfindungsgemäße Differenzierung zwischen unterschiedlichen, stromab hintereinander liegenden Segmentscheiben bzw. Teilvolumina des Anspringbereichs erlaubt örtlich differenzierte Aussagen über das Konvertierungsvermögen im Anspringbereich und erhöht damit die Diagnosesicherheit des Anspringverhaltens. Insbesondere können aus der Ortsabhängigkeit des Konvertierungsvermögens Unterscheidungen hinsichtlich einer stromab im Katalysatorvolumen vorliegenden homogenen oder inhomogenen Alterung gezogen werden. Durch das erfindungsgemäße Verfahren können damit vorteilhaft Formen der Alterung unterschieden und im Hinblick auf die Konvertierung zum Anspringzeitpunkt berücksichtigt werden. Das Verfahren eröffnet die Möglichkeit, der Reihe nach den gesamten Anspringbereich, oder einen Teil davon, hinsichtlich der Funktionsfähigkeit zu überprüfen. Der zur Beurteilung der Teilvolumina erforderli-

che definierte Wärmemengeneintrag lässt sich ohne weiteres mit an sich bekannten Maßnahmen, wie einem Temperaturmodell oder Messungen, ermitteln bzw. kontrollieren.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren kann auf einfache Weise dadurch durchgeführt werden, dass zunächst mindestens zu einem der Zeitpunkte, in denen ein vorgegebener Wärmemengeneintrag erreicht wird und von einem Anspringen der entsprechenden Teilvolumina ausgegangen werden kann, das Katalysatorsystem
10 im mageren Warmlauf mit einer definierten fetten Abgasmenge beschickt wird. Das Abgas wird dann mittels einer stromab nahe des Anspringbereichs angeordneten, bei Einsetzen der Konvertierung betriebsbereiten Abgassauerstoff-Sonde untersucht, wobei anhand der Auswirkungen, die die Zufuhr der definierten
15 fetten Abgasmengen zu den entsprechenden Zeitpunkten auf das Abgaslambda hat, die Funktionsfähigkeit mindestens eines Teilvolumens des Anspringbereichs beurteilt wird.

- Besonders vorteilhaft ist die Möglichkeit, dass während des
20 Warmlaufs die Funktionsfähigkeit von mindestens zwei stromab hintereinander liegenden, im wesentlichen gleich großen, Teilvolumina in der gegebenen Anordnung nacheinander überprüft wird, indem das Katalysatorsystem zu den aufeinander folgenden Zeitpunkten des Anspringens der mindestens zwei
25 Teilvolumina jeweils mit einer vom Wärmemengeneintrag zum jeweiligen Zeitpunkt abhängigen fetten Abgasmenge beschickt wird.

- Das Überprüfen kann auf zwei miteinander auch kombinierbare
30 Arten realisiert werden. Zum einen kann zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit eines bestimmten Teilvolumens dann, wenn das Abgaslambda bei Durchgang einer definierten fetten Abgasmenge nicht mager bleibt, die zeitliche Länge des fetten Abgaslambdasignals zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit des
35 Teilvolumens herangezogen werden. Zum anderen kann die zur Untersuchung eines bestimmten Teilvolumens vorgesehene fette Abgasmenge in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Beurteilung

der stromauf des zu untersuchenden Teilvolumens liegenden Teilvolumina gezielt so gewählt wird, dass dann, wenn eine Anzahl m der stromauf liegenden Teilvolumina als funktionsfähig beurteilt wurden, zur Untersuchung des bestimmten Teilvolumens eine fette Abgasmenge abgeschickt wird, die derart be-
5 messen ist, dass $m+1$ angesprungene und funktionsfähige Teilvolumina vorhanden sein müssten, um das resultierende Abgas-
lambda mager zu halten.

10 Darüber hinaus kann der Anspringbereich in einem vereinfachten Sinne auch in der Weise überprüft werden, dass in aufeinander folgenden Warmläufen sukzessive überprüft wird, ob überhaupt noch ein Teilvolumen funktionsfähig ist.

15 Das erfindungsgemäße Verfahren kann vorteilhaft in den zunehmend standardmäßig bei der Abgasnachbehandlung gegebenen technischen Kontext integriert werden, indem zur Überwachung des Anspringverhaltens und des Konvertierungsvermögens eines Stufenkatalysators die Lambdasonden eines durch 3-

20 Lambdasonden-Regelung gesteuerten Stufenkatalysators verwendet werden, wobei eine lineare Vorkat-Lambdasonde, eine erste binäre, zwischen Vor- und Hauptkatalysator angeordnete, zur Überwachung des Anspringverhaltens dienende, Lambdasonde und eine zweite binäre, stromab des Stufenkatalysators angeordnete, zur Überwachung des Konvertierungsvermögens des Stufenkatalysators dienende Lambdasonde vorgesehen werden.
25

Besonders vorteilhaft ist, dass das erfindungsgemäße Verfahren sowohl im Rahmen einer On-Board-Diagnose als auch im Rahmen einer Werkstatt-Diagnose eingesetzt werden kann.
30

Die Erfindung wird nachfolgend an Ausführungsbeispielen anhand der Figuren der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

35 Figur 1 eine Übersichtsdarstellung einer Brennkraftmaschine und einiger Komponenten, die im Zusammenhang mit der Erfindung von Bedeutung sind; und

Figur 2 ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Figur 1 beschränkt sich auf die sehr schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine 1 und der für die Erfindung wichtigsten weiteren Komponenten. Über einen Ansaugtrakt 2 wird der Brennkraftmaschine 1 ein Luft-Kraftstoff-Gemisch zugeführt und die Abgase werden in einen Abgaskanal 3 abgegeben. Im Ansaugtrakt 2 können beispielsweise ein hier nicht dargestellter Luftmassensensor, eine Drosselklappe und eine oder mehrere Einspritzdüsen angebracht sein. Im Abgaskanal 3 sind - in Stromrichtung des Abgases gesehen -, vor dem Vorkatalysator 8, zwischen Vor- und Hauptkatalysator 9, sowie hinter dem Hauptkatalysator 9, drei Abgassauerstoff-Sonden 4, 5 und 6 angeordnet. Die Abgassauerstoff-Sonden 4, 5 und 6 sind jeweils über Verbindungsleitungen mit einem Steuergerät 7 verbunden, welches die Sondensignale sowie weitere Sensorsignale auswertet und über weitere Verbindungsleitungen insbesondere die Einspritzdüse bzw. die Einspritzdüsen der Brennkraftmaschine 1 ansteuert. Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es nicht zwingend erforderlich, dass alle in Figur 1 dargestellten Komponenten gleichzeitig vorhanden sind. Je nach Ausführungsbeispiel kann die eine oder andere Komponente entfallen. Eine für das erfindungsgemäße Verfahren besonders wesentliche Komponente ist die stromab des Vorkatalysators 8 angeordnete Abgassauerstoff-Sonde 5, die dazu dient, die vom Konvertierungsvermögen im Vorkatalysator 8 abhängigen Änderungen im Abgas zu detektieren, wenn das Katalysatorsystem im mageren Warmlauf zuvor, wie weiter unten näher beschrieben, gezielt mit einer definierten fetten Abgasmenge beschickt wird.

Die Erfindung kann jedoch nicht nur, wie in Figur 1 dargestellt, in Verbindung mit einem motornah installierten Stufenkatalysator 8, 9 eingesetzt werden. Gleichwertig ist auch eine Abgasanlage die, gegebenenfalls nur ideell, in zwei Teile, Monolithe genannt, aufgeteilt ist. Der zweite Monolith 9 kann beispielsweise durch einen Unterbodenkatalysator gebil-

det sein, so dass die räumliche Trennung der beiden Monolithe 8 und 9 erheblich größer als dargestellt ausfällt. Grundsätzlich kann auch ein Diesel-Katalysator erfindungsgemäß überwacht werden.

5

Ebenso ist es möglich, das erfindungsgemäße Verfahren bei einer Brennkraftmaschine anzuwenden, bei der Kraftstoff direkt in die Brennräume der Zylinder eingespritzt wird.

10

Die neuen Lambdaregelungs-Konzepte mit drei Lambdasonden sehen eine lineare Vorkat-Lambdasonde 4 zur präzisen Messung des Luft/Kraftstoff-Gemisches und zusätzlich eine erste binäre Lambdasonde 5 (Sprungsonde) stromab des Vorkatalysators 8 und eine zweite Sprungsonde 6 stromab des Stufenkatalysators

15

zur Nachregelung vor. Die lineare Vorkat-Lambdasonde 4 wird erfindungsgemäß vorteilhaft auch zur Steuerung des zur Diagnose einzelner Teilvolumina erforderlichen definierten Einbringens fetter Abgasmengen eingesetzt, sie überwacht also, ob die richtigen, definierten Abgasmengen tatsächlich unter-

20

wegs sind. Die erfindungswesentliche erste Sprungssonde 5 könnte ebenso gut auch durch eine allerdings aufwändigere lineare Lambdasonde ersetzt werden. Zum Überwachen bzw. zur Diagnose des Anspringens der Abgasnachbehandlung werden demnach erfindungsgemäß vorteilhaft die ersten beiden aus dem 3-

25

Lambdasonden-Konzept bekannten Sonden 4 und 5 eingesetzt. Die Nachkat-Lambdasonde 6 kann zur Diagnose des Katalysatorverhaltens im betriebswarmen Zustand herangezogen werden; diese Sonde ist im Warmlauf normalerweise noch nicht auf Betriebstemperatur.

30

Bei der Konfiguration des Katalysatorsystems gemäß Figur 1 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das Volumen, bzw. die sich stromab erstreckende Länge, des ersten Monoliths, also des Anspringbereichs 8, höchstens so zu wählen, dass die beiden vorderen Lambdasonden 4 und 5 zum spätesten Zeitpunkt des Anspringens bei einem Grenzmonolith (Grenzbrick) betriebsbereit sind, also selbst genügend aufge-

35

heitzt sind, um nicht durch die bekannte Wasserschlagsproblematik gefährdet zu sein. Die Sondenbetriebsbereitschaft durch den reinen Aufheizvorgang liegt derzeit bei zirka 7 bis 11 Sekunden. Der späteste Zeitpunkt T_{\max} des Light-Offs ist dabei
5 im positiven Sinne (OBD-Lampe leuchtet nicht auf) derart definiert, dass zu diesem Zeitpunkt ein Grundkonvertierungsgrad des Katalysatorvolumens vorliegt, das lokal ein ausreichend hohes Temperaturniveau und einen ausreichend hohen katalytischen Wirkungsgrad hat, damit im Weiteren die Gesamt-
10 Emissionsgrenzwerte noch erfüllbar sind. T_{\max} korreliert in diesem Sinne mit einem maximalen Wärmemengeneintrag.

Die besondere Bedeutung der erfindungsgemäßen Differenzierungsmöglichkeiten hinsichtlich der Funktionsfähigkeit einzelner stromab hintereinander liegender Segmente (Teilvolumina) 8a liegt in der OBD relevanten Ansprings-Diagnose des Katalysatorsystems, die gegenüber bekannten Verfahren eine höhere Diagnosesicherheit hat. So kann in der Praxis einerseits der Fall auftreten, dass sich die Sauerstoffspeicherfähigkeit und damit in Korrelation die katalytische Aktivität gleichmäßig auf das gesamte Volumen des Anspringsbereichs 8 verteilt (z. B. bei thermischer Alterung). In diesem Fall wird offenbar ein anderes Ansprungsverhalten vorliegen, als wenn andererseits z. B. eine inhomogene Sauerstoffspeicherung vor-
20 liegt, etwa dann, wenn die ersten Schichten bzw. Segmente 8a stirnseitig durch schlechten Kraftstoff vergiftet und damit vollkommen inaktiv sind und das Restvolumen des Anspringsbereichs 8 eine größere katalytische Aktivität (respektive Sauerstoffspeicherfähigkeit) hat, als das Gesamtvolumen des Anspringsbereichs 8 bei gleichmäßiger Verteilung der Alterung.
30 Das erfindungsgemäße Verfahren kann diese Formen der Alterung unterscheiden und im Hinblick auf die Konvertierung zum Zeitpunkt des Anspringens berücksichtigen.

35 Die Erfindung ermöglicht die Diagnose eines maximalen Volumens des Anspringsbereichs 8, welches im Grenzfall aufgeheizt und ausreichend aktiv sein muss, um die Gesamtemissionsgrenz-

werte sicher zu unterscheiden. Dabei wird durch das erfindungsgemäße Diagnoseverfahren zusätzliche Exotherme im Katalysator zu dessen schnellerem Durchheizen erzeugt. Die höhere Diagnosesicherheit kann gegebenenfalls zum Abbau von Sicherheitsreserven durch höhere Edelmetallbeladungen genutzt werden.

Figur 2 zeigt mit Hilfe eines Flussdiagramms die in der bevorzugten Ausführungsform zur Überwachung des Ansprungsverhaltens durchzuführenden Schritte. Bis zum Zeitpunkt T_{\max} ist eine solche Emissionsmenge emittiert, dass mit der einsetzenden katalytischen Wirkung die Grenzwerte noch eingehalten werden können. Im ersten Schritt 10 beginnt mit dem Kaltstart der Brennkraftmaschine der Warmlauf, bei dem auf mehrere hundert °C erhitzte Abgase das Katalysatorsystem stromab sukzessive aufheizen.

Wie schnell im konkreten Fall eine zum Anspringen ausreichende Aufheizung bis zu welchem stromab liegenden Segment bzw. Teilvolumen 8a eintritt, ist, außer vom Wärmemengeneintrag, insbesondere von den aufzuheizenden thermischen Massen abhängig. Im nächsten Schritt 11 wird die tatsächlich in den Anspringsbereich 8 eingebrachte Wärmemenge beispielsweise mittels eines Temperaturmodells oder mittels Sensorik in üblicher Weise ermittelt, es wird also das Integral der eingebrachten minus der abfließenden Wärmemengen gebildet. Dadurch kann im folgenden Schritt 12 abgefragt werden, ob zu einem bestimmten Zeitpunkt ein für das Anspringen eines bestimmten, zu untersuchenden Teilvolumens 8a ausreichender Wärmemengeneintrag erreicht sein müsste. Ist das nicht der Fall, so erfolgt ein Rücksprung zu Schritt 11, also weitere Erwärmung.

Trifft die Abfrage des Schrittes 12 dagegen zu, so schließt sich an Schritt 12 ein Schritt 13 an. In Schritt 13 wird zur Diagnose bei magerem Warmlauf (mager bezieht sich hier auf das Abgaslambda), wie er prinzipiell ob mit oder ohne Sekundärluft erzeugbar ist, das Katalysatorsystem mit einer oder

mehreren definierten fetten Abgasmengen beschickt. Im allgemeinen Rahmen der Erfindung können diese fetten Abgasmengen durch die lineare Lambdasonde 4 überwacht und es kann der Fetteintrag ins Abgas insbesondere in der weiter unten beschriebenen Weise vom Wärmemengeneintrag nach Schritt 11 abhängig gemacht werden.

Ist zu diesen Zeitpunkten, in denen das Katalysatorsystem jeweils mit einer definierten fetten Abgasmenge beschickt wird, ein ausreichender Sauerstoffspeicher und damit genügend Teilvolumen aktiv, so reagieren die fetten Abgasmengen mit dem gespeicherten Sauerstoff, so dass das binäre Lambdasondensignal von Sonde 5 mager bleibt. Kommt es dagegen beim Durchgang der jeweiligen fetten Abgasmenge zu einem Binärsondensignaldurchbruch Richtung fett, ist der durch die Aufheizung aktivierte Sauerstoffspeicher zu gering. Dieser Zusammenhang wird im Schritt 14 abgefragt. Wenn das binäre Lambdasondensignal tatsächlich fett wird, ist es meist geschickt, nicht notwendigerweise sofort ein OBD-Warnsignal auszulösen, da im allgemeinen stromab eines als nicht funktionsfähig eingestuften Teilvolumens 8a des Anspringsbereichs 8 noch mindestens ein weiteres Teilvolumen innerhalb des Anspringsbereichs 8 zur Verfügung steht, durch das, sofern es durch einen gegenüber dem vorherigen zwar vergrößerten Wärmemengeneintrag, jedoch noch innerhalb der Zeit T_{\max} , aufheizbar ist, noch genügend katalytische Aktivität generierbar ist. Trifft also die Abfrage im Schritt 14 zu, so kann im nächsten Schritt 15 eine Erhöhung des Wärmemengensollwerts beim nächsten Warmlauf berechnet und in Schritt 16 mit der Vorgabe eines neuen Wärmemengensollwerts ein Rücksprung zu Schritt 12 vollzogen werden.

Trifft die Abfrage in Schritt 14 dagegen nicht zu, so wird im nächsten Schritt 17 abgefragt, ob der Wärmemengensollwert, der in Schritt 12 zugrundegelegt worden war, einen mit T_{\max} korrelierten Schwellenwert überschreitet. Ist das nicht der Fall, wird also mindestens ein noch funktionsfähiges Teilvo-

lumen 8a aktiv und ist dieses weit genug stromauf im Anspringbereich gelegen, um durch sein rechtzeitiges Funktionieren keine zu hohen, durch späteres noch so gutes Konvertieren im betriebswarmen Zustand nicht wiedergutzumachende, Warmlaufemissionen zuzulassen, so ist der Warmlauf im positiven Sinne abgeschlossen, die OBD-Lampe leuchtet nicht auf, vgl. Schritt 18. Trifft die Abfrage im Schritt 17 dagegen zu, so wird in Schritt 19 die OBD-Lampe aufleuchten.

- 10 Das Überprüfen der Teilvolumina 8a kann im einzelnen beispielsweise folgendermaßen organisiert werden:

Unmittelbar nachdem das stromab erste Teilvolumen 8a gemäß Schritt 12 in Figur 2 ausreichend aufgeheizt ist, wird gemäß Schritt 13 eine für ein Teilvolumen passende fette Abgasmenge abgeschickt, die im Folgenden mit "1F" bezeichnet sei. Die binäre Lambdasonde 5 bleibt gemäß Schritt 14 nur dann mager, wenn genau dieses, im Anspringbereich 8 stromab erste, Teilvolumen 8a tatsächlich funktionsfähig ist, da die stromab folgenden Teilvolumina bzw. stromab jenseits des Anspringbereichs 8 gelegene weitere Katalysatorvolumina auf Grund des zu geringen Wärmemengeneintrags zu diesem Zeitpunkt noch gar nicht aktiv sein können. Ein als funktionsfähig beurteiltes Teilvolumen 8a sei im Folgenden mit "+", ein nicht funktionsfähiges mit "-" bezeichnet.

Im Fall, dass das erste Teilvolumen + war, muss zur Beurteilung des zweiten, vorteilhafterweise etwa gleich groß gewählten Teilvolumens eine für zwei Teilvolumina passende fette Abgasmenge, also 2F, abgeschickt werden, da bei einer Abgasmenge 1F bereits das funktionierende erste Teilvolumen für ein mager bleibendes Lambdasondensignal sorgen würde. Bei einer Abgasmenge 2F ergibt sich für die beiden ersten Teilvolumina eine 'ortsabhängige Funktionsfähigkeits-Signatur', entweder:

++ oder +-,

wobei die Reihenfolge der Beurteilungen + und - der Reihenfolge der Teilvolumina stromab im Anspringsbereich entspricht.

Im Fall des Ergebnisses ++ muss anschließend zu dem Zeitpunkt, wenn das stromab dritte Teilvolumen aufgeheizt ist, eine Abgasmenge 3F abgeschickt werden, woraufhin entweder die Signatur +++ oder ++- festgestellt wird. Im Fall des Ergebnisses +- muss anschließend mindestens eine Abgasmenge 2F abgeschickt werden; es kann jedoch auch eine Abgasmenge 3F abgeschickt werden, wobei dann allerdings zwischen den Signaturen +-+ und +-- anhand der zeitlichen Dauer des - bei dieser Konstellation notwendig! - fetten Abgaslambdasignals differenziert werden muss (+--+ wird demnach durch ein, verglichen mit +--, kürzeres fettes Signal indiziert).

Bei der anschließenden Untersuchung des vierten Teilvolumens kann entweder, unabhängig von der vorangehenden Signatur, die eigentlich nur bei der Signatur +++ wirklich notwendige Abgasmenge 4F abgeschickt werden, wobei dann jedoch anhand der zeitlichen Länge des fetten Signals zwischen unterschiedlichen Signaturen, wie beispielsweise +--- und +---+ diskriminiert werden muss. Die Alternative besteht darin, dass die zur Untersuchung eines bestimmten Teilvolumens vorgesehene fette Abgasmenge in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Beurteilung der stromauf des zu untersuchenden Teilvolumens liegenden Teilvolumina gezielt so gewählt wird, dass dann, wenn eine Anzahl m der stromauf liegenden Teilvolumina als funktionsfähig beurteilt wurden, zur Untersuchung des bestimmten Teilvolumens eine fette Abgasmenge abgeschickt wird, die derart bemessen ist, dass m+1 angesprungene und funktionsfähige Teilvolumina vorhanden sein müssten, um das resultierende Abgaslambda mager zu halten. Beispielsweise kann bei der gegebenen Signatur +--, also m=1, eine Abgasmenge (m+1)F, also 2F abgeschickt werden, um zwischen den Signaturen +--- und +---+ zu unterscheiden.

Welche Untersuchungsstrategie (Abstellen auf Zeitdauer des Lambdasondensignals oder vom vorherigen Ergebnis abhängige Wahl der fetten Abgasmenge), bzw. welche Kombination vorzuziehen ist, hängt von den jeweiligen genauen Anforderungen an das Monitoring des Ansprungsverhaltens ab und von der Genauigkeit bzw. Schnelligkeit, also insbesondere dem Ansprungsverhalten der Lambdasonde 5, mit der die in Frage kommenden Verfahrensschritte durchführbar und auswertbar sind.

- 10 Im anderen, in der Praxis interessanteren Ausgangsfall, dass das erste Teilvolumen "-" war, kann ähnlich vorgegangen werden. Wenn zur Beurteilung des zweiten Teilvolumens eine Abgasmenge 1F abgeschickt wird, resultiert die Signatur -+ oder --. Beim Ergebnis -+ könnte eine lokalisierte, auf das erste
15 Teilvolumen begrenzte Vergiftung vermutet werden, während beim Ergebnis -- eher an einen stromab kontinuierlich gealterten Ansprungsbereich zu denken ist. In diesem Fall ist es sinnvoll, im nächsten Warmlauf in Schritt 16 einen erhöhten Wärmemengensollwert für Schritt 12 vorzugeben, um die Diagnose
20 des Ansprungsbereichs 8 gleich mit der Untersuchung des stromab dritten Teilvolumens beginnen zu können.

- In einer vereinfachten Version kann das Überprüfen so erfolgen, dass das Katalysatorsystem zu dem Zeitpunkt, wenn ein
25 für das Anspringen zunächst nur des stromab ersten Teilvolumens ausreichender Wärmemengeneintrag erfolgt ist, mit einer zum ersten Teilvolumen passenden fetten Abgasmenge beschickt wird und dass der Warmlauf dann, wenn das Abgaslambda mager bleibt, als positiv abgeschlossen beurteilt wird und dann,
30 wenn das Abgaslambda fett wird, beim nächsten Warmlauf ein für das Anspringen zunächst nur der ersten beiden, im wesentlichen gleich großen, Teilvolumina ausreichender Wärmemengeneintrag erfolgt. Daraufhin wird das Katalysatorsystem mit einer für ein Teilvolumen passenden fetten Abgasmenge be-
35 schickt, so dass die stromab hintereinander liegenden Teilvolumina des Ansprungsbereichs in aufeinanderfolgenden Warmläufen sukzessive überprüfbar sind, indem dann, wenn in voraus-

gehenden Warmläufen das erste bis n -te Teilvolumen als nicht funktionsfähig beurteilt wurde, im $(n+1)$ -ten Warmlauf ein für das erste bis $(n+1)$ -te Teilvolumen ausreichender Wärmemengeneintrag erfolgt und das Katalysatorsystem danach mit einer
5 für ein Teilvolumen passenden fetten Abgasmenge beschickt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung des Anspringverhaltens eines Katalysatorsystems im Abgaskanal (3) einer Brennkraftmaschine (1), bei dem dem Katalysatorsystem ein Luft/Kraftstoff-Gemisch zugeführt wird und bei dem das Anspringverhalten anhand des Konvertierungsvermögens in einem die Warmlaufemissionen maßgeblich beeinflussenden Anspringbereich (8) des Katalysatorsystems beurteilt wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein dem Anspringbereich (8) im Warmlauf bis zu einem Zeitpunkt mit dem Abgas zugeführter Wärmemengeneintrag als Kriterium für das sukzessive Einsetzen der Konvertierung (Anspringen) in stromab hintereinander liegenden Teilvolumina (8a) des Anspringbereichs (8) herangezogen wird und dass die Funktionsfähigkeit mindestens eines der stromab nacheinander ausreichend aufgeheizten Teilvolumina (8a) zum jeweiligen Zeitpunkt des Anspringens einzeln überprüft und beurteilt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
- dass mindestens zu einem der Zeitpunkte, in denen ein vorgegebener Wärmemengeneintrag erreicht wird und von einem Anspringen der entsprechenden Teilvolumina (8a) ausgegangen werden kann, das Katalysatorsystem im mageren Warmlauf mit einer definierten fetten Abgasmenge beschickt wird,
- dass das Abgas mittels einer stromab nahe des Anspringbereichs (8) angeordneten, bei Einsetzen der Konvertierung betriebsbereiten Abgassauerstoff-Sonde (5) untersucht wird, und
- dass anhand der Auswirkungen, die die Zufuhr der definierten fetten Abgasmengen zu den entsprechenden Zeitpunkten auf das Abgaslambda hat, die Funktionsfähigkeit mindestens eines Teilvolumens (8a) des Anspringbereichs (8) beurteilt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass während des Warmlaufs die Funktionsfähigkeit von mindestens zwei stromab hintereinander liegenden, im wesentlichen gleich

großen, Teilvolumina (8a) in der gegebenen Anordnung nacheinander überprüft wird, indem das Katalysatorsystem zu den aufeinander folgenden Zeitpunkten des Anspringens der mindestens zwei Teilvolumina (8a) jeweils mit einer vom Wärmemengeneintrag zum jeweiligen Zeitpunkt abhängigen fetten Abgasmenge beschickt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit eines bestimmten Teilvolumens (8a) dann, wenn das Abgaslambda bei Durchgang einer definierten fetten Abgasmenge nicht mager bleibt, die zeitliche Länge des fetten Abgaslambdasignals zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit des Teilvolumens (8a) herangezogen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Untersuchung eines bestimmten Teilvolumens (8a) vorgesehene fette Abgasmenge in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Beurteilung der stromauf des zu untersuchenden Teilvolumens (8a) liegenden Teilvolumina gezielt so gewählt wird, dass dann, wenn eine Anzahl m der stromauf liegenden Teilvolumina als funktionsfähig beurteilt wurden, zur Untersuchung des bestimmten Teilvolumens (8a) eine fette Abgasmenge abgeschickt wird, die derart bemessen ist, dass $m+1$ angesprungene und funktionsfähige Teilvolumina vorhanden sein müssten, um das resultierende Abgaslambda mager zu halten.

6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Katalysatorsystem zu dem Zeitpunkt, wenn ein für das Anspringen zunächst nur des stromab ersten Teilvolumens (8a) ausreichender Wärmemengeneintrag erfolgt ist, mit einer zum ersten Teilvolumen (8a) passenden fetten Abgasmenge beschickt wird und dass der Warmlauf dann, wenn das Abgaslambda mager bleibt, als positiv abgeschlossen beurteilt wird und dann, wenn das Abgaslambda fett wird, beim nächsten Warmlauf ein für das Anspringen zunächst nur der ersten beiden, im wesentlichen gleich großen, Teilvolumina ausreichender Wärmemengeneintrag erfolgt, woraufhin das Katalysatorsystem mit einer

für ein Teilvolumen (8a) passenden fetten Abgasmenge beschickt wird, so dass die stromab hintereinander liegenden Teilvolumina (8a) des Anspringbereichs in aufeinander folgenden Warmläufen sukzessive überprüfbar sind, indem dann, wenn
5 in vorausgehenden Warmläufen das erste bis n-te Teilvolumen als nicht funktionsfähig beurteilt wurde, im (n+1)-ten Warmlauf ein für das erste bis (n+1)-te Teilvolumen ausreichender Wärmemengeneintrag erfolgt und das Katalysatorsystem danach mit einer für ein Teilvolumen (8a) passenden fetten Abgasmen-
10 ge beschickt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine binäre Abgassauerstoff-Sonde (5) zur Überwachung des Anspringverhaltens verwendet wird.

15 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der definierte Eintrag fetter Abgasmengen mittels einer stromauf des Katalysatorsystems angeordneten linearen Abgassauerstoff-Sonde (4) gesteuert wird.

20 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Überwachung des Anspringverhaltens und des Konvertierungsvermögens eines Stufenkatalysators die Lambdasonden eines durch 3-Lambdasonden-Regelung gesteuerten
25 Stufenkatalysators verwendet werden, wobei eine lineare Vorkat-Lambdasonde (4), eine erste binäre, zwischen Vor- und Hauptkatalysator (8, 9) angeordnete, zur Überwachung des Anspringverhaltens dienende, Lambdasonde (5) und eine zweite binäre, stromab des Stufenkatalysators angeordnete, zur Über-
30 wachung des Konvertierungsvermögens des Stufenkatalysators dienende, Lambdasonde (6) vorgesehen werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren im Rahmen einer On-Board-
35 Diagnose und/oder als Werkstatt-Diagnose durchführbar ist.

Zusammenfassung

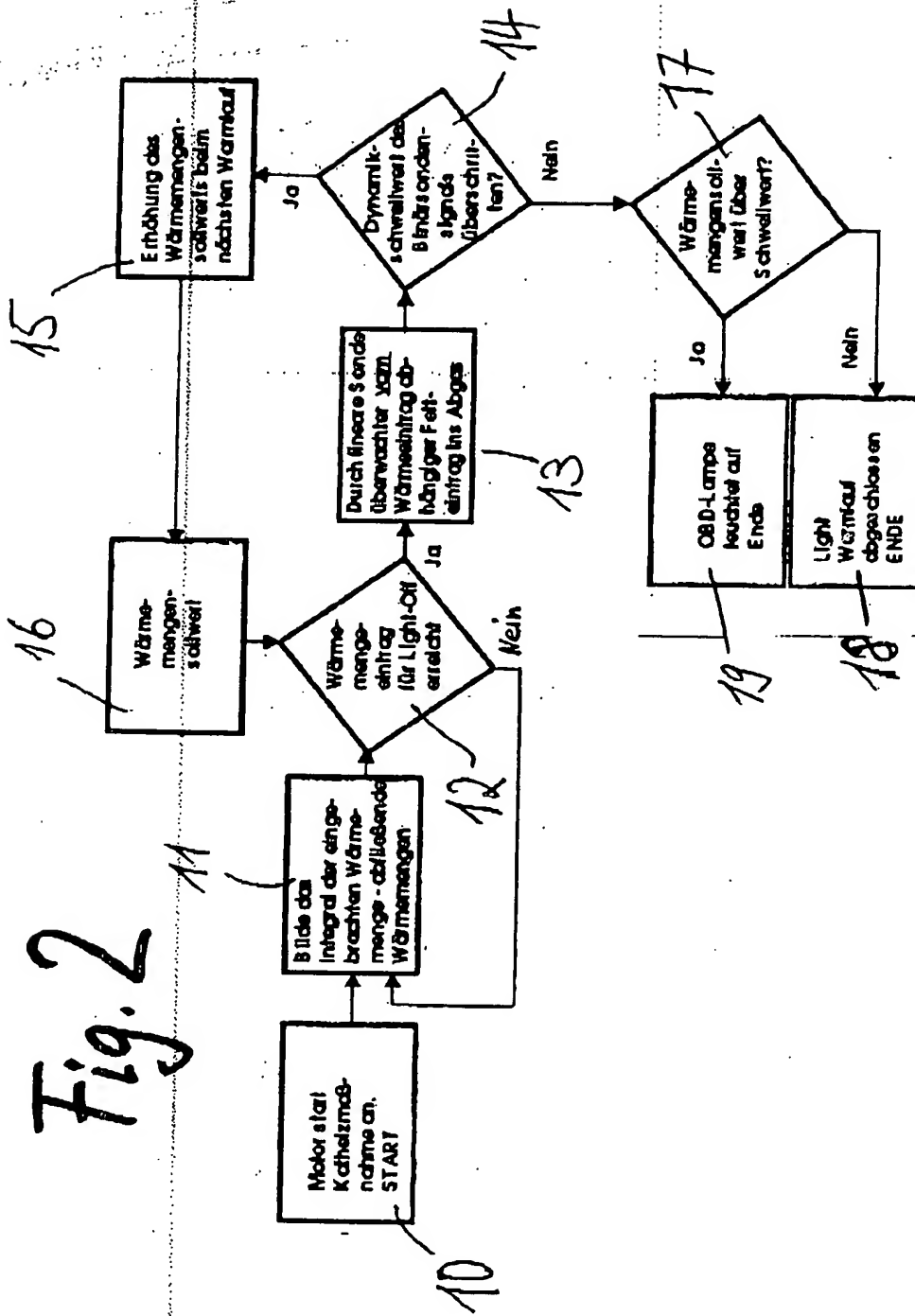
Verfahren zur Überwachung des Anspringverhaltens eines Abgas-
katalysatorsystems

5

Es wird vorgeschlagen, dass ein dem Anspringbereich (8) im
Warmlauf bis zu einem Zeitpunkt mit dem Abgas zugeführter
Wärmemengeneintrag als Kriterium für das sukzessive Einsetzen
der Konvertierung (Anspringen) in stromab hintereinander lie-
10 genden Teilvolumina (8a) des Anspringbereichs (8) herangezo-
gen wird und dass die Funktionsfähigkeit mindestens eines der
stromab nacheinander ausreichend aufgeheizten Teilvolumina
(8a) zum jeweiligen Zeitpunkt des Anspringens einzeln über-
prüft und beurteilt wird. Dadurch ist die Ortsabhängigkeit
15 des Katalysatorwirkungsgrades im Anspringbereich (8) über-
wachbar.

Figur 1

BEST AVAILABLE COPY



1/2

BEST AVAILABLE COPY

Fig. 1

